

基于专利分析的煤制合成天然气技术竞争态势研究

陈伟¹,王朔^{1,2},张凡³,李富岭⁴,汪其⁴

(1. 中国科学院武汉文献情报中心,湖北 武汉 430071;2. 中国科学院大学,北京 100049;
3. 中国矿业大学(北京),北京 100083;4. 中国科学院大连化学物理研究所,辽宁 大连 116023)

摘要:发展具有自主知识产权的煤制合成天然气核心技术,对于加快我国煤制天然气产业化和规模化步伐,起到关键作用。利用汤森数据分析器(TDA)、Thomson Innovation 分析平台、Innography 专利分析平台、中国科学院专利在线分析平台等工具,从专利年度申请趋势、专利申请整体技术布局、主要国家和专利申请机构竞争态势、中国受理专利法律状态对煤制合成天然气技术领域的现状、竞争格局和发展趋势进行分析,并通过在华专利的技术-功效判读和分析,揭示我国在该研发领域的专利申请热点。我国煤制合成天然气技术专利申请领域较为全面,专利申请的主力以能源创新公司为主,国外机构在我国的专利申请保护较为有限。我国在加强核心技术研发的同时,需要加强产、学、研之间的知识产权合作,加强我国自有知识产权的核心技术的示范与应用,实现创新成果市场价值最大化。

关键词:煤炭;合成天然气;专利分析;竞争态势

中图分类号:G353;TQ546 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-9219(2018)06-107-11

天然气是一种重要的一次能源,在发电、工业燃料、化工原料、汽车能源、居民燃气等方面具有广泛用途。虽然我国每年天然气产量呈逐年增长的趋势,但仍远远落后于市场需求的增长,天然气供不应求的局面将长期存在^[1]。而我国的能源结构特点是“富煤、少油、缺气”,根据国内的能源结构特点,在富煤地区适度发展煤制天然气,既可清洁加工利用煤炭资源,也可有效补充天然气资源的供给,缓解国内天然气供求矛盾^[2]。国务院《大气污染防治行动计划》^[3]、科技部《洁净煤技术科技发展“十二五”专项规划》^[4]和国家能源局《煤炭深加工产业示范“十三五”规划》^[5]中均将“先进煤转化”(包括煤制合成天然气等技术)作为洁净煤技术重要发展方向之一,明确规定在满足最严格的环保要求和保障水资源供应的前提下,加快煤制天然气产业化和规模化步伐。早在20世纪50年代国外即开展了煤制合成天然气技术研究,已有多个项目正式投产^[6-8]。我国开展此项研究较晚,主要集中在甲烷化催化剂方面^[9]。近年来煤制合成天然气已成为国内研究和投

资的热点,在建和规划产能均遥遥领先于其他国家,但大型项目核心技术很多还是采用英国庄信万丰戴维或丹麦托普索甲烷化技术等^[10-13]。面对此种现象,发展具有自主知识产权的煤制合成天然气核心技术和积累实际项目应用经验是我国煤制合成天然气产业规模化发展的关键。

本文将主要就国内外在煤制合成天然气关键技术的专利状况进行综合分析,厘清主要国家和重点机构的技术开发重点和倾向、专利保护力度与布局范围,以期为煤制合成天然气关键技术方面的研究投入与项目部署提供知识产权战略咨询。文章内容将通过宏观、中观、微观三个层面阐述:宏观层面分析整体态势,着眼于煤制合成天然气技术的演进历史、专利申请整体技术布局、主要国家和专利申请机构竞争态势;中观层面提炼重要技术领域(甲烷化催化剂、甲烷化反应器),从专利申请态势、热点技术布局和机构竞争态势展开多角度分析;微观层面识别重点核心专利,根据多个指标遴选重点专利并进行解读,对核心专利进行追踪和演进分析,揭示技术发展脉络。最后总结我国以及我院煤制合成天然气技术研发的技术基础和专利现状,提出可能的专利突破方向和研发策略。

1 数据来源和分析工具

为全面了解各国在煤制合成天然气关键技术相关专利方面的发展全貌,本文以德温特创新索引

收稿日期:2018-03-06;基金项目:中国科学院战略性先导科技专项子课题“低阶煤清洁高效梯级利用关键技术知识产权问题研究”(编号:XDA07080205),中国科学院青年创新促进会项目(编号:2017221);作者简介:陈伟(1981-),男,副研究员,主要研究方向:能源科技战略研究,电话 027-87199180, Email: chenw@whlib.ac.cn。

(Derwent Innovations IndexSM, DII) 国际专利数据库作为数据来源。在进行相关知识调研和专家咨询的基础上,综合考虑煤制合成天然气技术关键词和国际专利分类号,设定检索策略,并对数据进行清洗和整理,据此构建国际煤制合成天然气技术领域的相关专利分析数据集,包括专利(族)1409 项。采用的分析工具包括:汤森路透文本挖掘软件(Thomson Data Analyzer, TDA)、汤森创新(Thomson Innovation)分析平台、Innography 专利分析平台、中国科学院专利在线分析平台、EXCEL 等工具。

2 整体发展态势

2.1 年度专利申请趋势

从专利分析结果来看(图 1),在 2000 年之前,煤制合成天然气技术年均专利申请数量基本都在 50 项以下,没有明显的增长趋势;进入 21 世纪之后,特别是从 2006 年开始,专利申请数量整体呈现快速上升趋势。美国在 2008 年及之前一直都是最大的专利受理国,但从 2009 年开始,中国超过美国成为最大专利受理国。这是由于在此期间,中国政府加大了对煤制合成天然气的支持力度。在“十一五”期间共投入约 800 亿元进行该技术的工业示范,促进了该技术领域的专利产出。

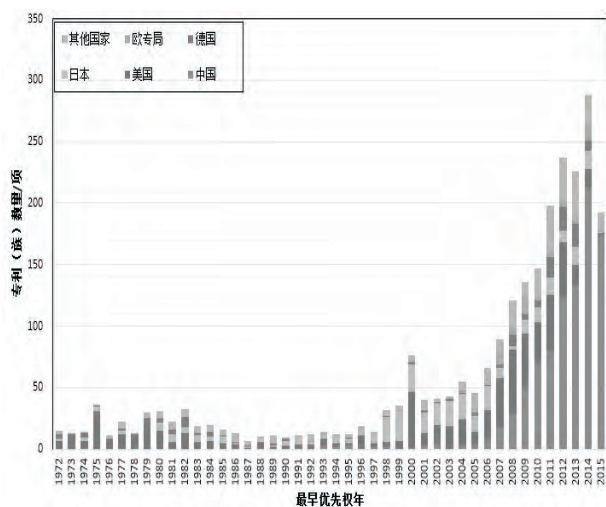


图 1 煤制合成天然气技术相关专利申请年度变化态势

2.2 技术生命周期分析

基于专利历年申请数量和机构申请人数量,绘出了煤制合成天然气相关专利技术的发展进程(图 2)。可以看出,20 世纪 80 年代到 90 年代末期为煤制合成天然气专利技术的萌芽阶段,这一时期专利

申请数量和专利申请人数量均在 25 项/个以下,研究和开发主要集中在少数专利申请人中,专利活动不多,专利集中度较高。21 世纪初开始煤制合成天然气专利技术进入技术成长阶段,国际市场逐渐扩大,特别是在 2002 年之后中国市场发展迅速,随着参与的单位增多,专利的申请数量和专利申请人数量急剧上升。

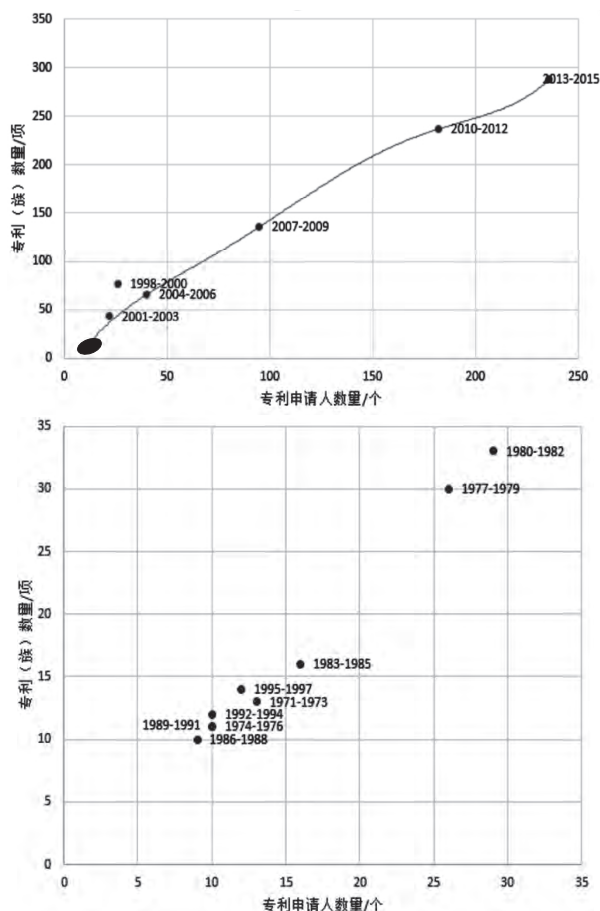


图 2 煤制合成天然气专利技术生命周期图

2.3 专利技术重点布局

整体来看,煤制合成天然气技术相关专利技术布局集中在(表 1):(1)合成气($\text{CO}+\text{H}_2$)的生产工艺:由固态含碳燃料制取含 CO 的可燃气体、在悬浮状态粒状或粉状燃料的气化等;(2)甲烷化催化剂研究,包括镍基催化剂,添加稀土金属助剂等;(3)通过蒸发、蒸馏、结晶、过滤、聚尘、气体净化、吸收、吸附等方法的气体分离技术:主要集中在吸收方法和硫化氢处理的研究;(4)无环或碳环化合物:甲烷、从 CO 与 H_2 制备烃以及从一种或几种非烃化合物制备烃等。

表 1 煤制合成天然气技术相关专利主要技术领域(基于国际专利分类号小组)

技术方向	国际专利 分类号	分类号 技术领域释义	专利(族) 数量/项	时间范围 (年份)	近 3 年受理量 占总量比例/%
气体燃料; 天然气; 合成 天然气; 液化石油气	C10L-003/08	合成天然气的生产	621	1965~2016	46
	C10L-003/10	天然气或合成天然气的加工	126	1978~2016	35
由固态含碳燃料通过包含 氧气或水蒸气的部分氧化 工艺制造含一氧化碳和氢 气的气体	C10J-003/00	由固态含碳燃料制造含一氧化碳的 可燃气体	84	1971~2015	12
	C10J003/46	由固态燃料生产含一氧化碳和氢气 的气体	68	1972~2015	22
包含金属或金属氧化物或 氢氧化物的催化剂, 不包 括铁族元素或铜	B01J-0023/83	包含金属或金属氧化物或氢氧化物的 催化剂: 与稀土或铜系元素结合	105	1979~2016	31
	B01J-0023/755	包含金属或金属氧化物或氢氧化物的 催化剂: 镍	132	1965~2016	21
燃料电池与用于生产反应 物或用于处理残余物的装 置的组合	H10M-0008/06	燃料电池与反应物生产或残渣处理 装置的组合	172	1965~2015	2
无环或碳环化合物	C07C-009/04	甲烷	300	1965~2016	24
	C07C-001/04	从一氧化碳与氢制备烃	302	1965~2016	20
	C07C-0001/12	从一种或几种非烃化合物制备烃	122	1967~2015	25
含一氧化碳可燃气体化学 组合物的净化和改进	C10K-0003/04	含一氧化碳可燃气体的提纯	111	1965~2015	6
非金属元素; 其化合物	C01B-0003/38	氢或含氢混合气的生产	153	1965~2015	5
	C01B-0003/58	氢; 含氢混合气; 从含氢混合气中 分离氢; 氢的净化	99	1975~2014	6
	C01B0003/02	氢; 含氢混合气; 从含氢混合气中 分离氢; 氢的净化	91	1974~2015	12

* 考虑到专利从申请到公开到数据库收录, 会有一定时间的延迟, 本文中近 3 年选取的是 2012~2014 年数据。

表 2 煤制合成天然气技术相关专利最受关注和新出现的技术领域

年份	专利数量/项	国际专利分类号(专利(族)数量/项): 技术领域释义
2016	36	C10L003/08 (27): 合成天然气的生产 C07C009/04 (18): 甲烷 B01J023/755 (5): 包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂: 镍
2015	193	C10L003/08 (122): 合成天然气的生产 C07C001/04 (20): 从一氧化碳与氢制备烃 C07C009/04 (23): 甲烷 C10L003/10 (15): 天然气或合成天然气的加工
2014	288	C10L003/08 (136): 合成天然气的生产 C07C009/04 (45): 甲烷 C07C001/04 (38): 从一氧化碳与氢制备烃 C10L003/10 (24): 天然气或合成天然气的加工 C07C001/12 (22): 从一种或几种非烃化合物制备烃 B01J023/83 (20): 包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂: 与稀土或铜系元素结合 C01J023/755 (19): 包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂: 镍
2013	226	C10L003/08 (76): 合成天然气的生产 C07C009/04 (45): 甲烷 C07C001/04 (29) 从一氧化碳与氢制备烃 C07C001/12 (19): 从一种或几种非烃化合物制备烃 B01J023/83 (15): 包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂: 与稀土或铜系元素结合 B01J023/755 (15): 包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂: 镍
2012	237	C10L003/08 (86): 合成天然气的生产 C07C009/04 (32): 甲烷 C07C001/04 (23) 从一氧化碳与氢制备烃 C07C001/12 (15): 从一种或几种非烃化合物制备烃 C01B003/38 (9): 氢或含氢混合气的生产 H01M008/86 (8): 燃料电池与反应物生产或残渣处理装置的组合

近年来, 不断有大量的新发明人进入煤制合成
天然气技术相关领域。煤制合成天然气专利技术种

类的数量变化趋势基本和专利数量的变化趋势相
同, 总体呈增长趋势。这些现象反映出煤制合成天

然气相关专利涉及的技术领域不断扩大,已有技术更趋成熟,新技术条目占到相当比例,说明煤制合成天然气技术正处于快速发展阶段。从近 5 年煤制合成天然气技术专利申请新出现的技术领域来看(表 2),除对合成气制备工艺越来越关注外,也出现了一些新的关注方向,如新型高活性、耐硫、热稳定性好、成本低的催化剂制备、制氢、煤气中除尘或焦油的装备等。

从重要子技术领域的专利分析来看,甲烷化催化剂技术领域重点专利主要掌握在中国石化集团、巨点能源公司、新奥科技发展有限公司、南京化工集团研究院、壳牌石油公司、太原理工大学、中国科学院、杭州林达化工技术工程有限公司、庄信万丰以及神华集团等专利申请人手中,针对催化剂的研究主要集中在与稀土或铜系元素结合,镍、铬基催化剂等方面;甲烷化反应器技术领域重点专利主要掌握在巨点能源公司、壳牌石油公司、中国石化集团、太原理工大学、通用电气、杭州林达化工技术有限公司、华东理工大学、新奥科技发展有限公司、空气产品与化学公司、塞拉尼斯公司等专利申请人手

中,针对甲烷化反应器的研究主要集中在合成天然气的生产与加工、制备烃等方面。

3 地域发展特点

3.1 主要国家/地区活跃程度

从专利受理数量来看,中国和美国远远领先于其他国家,说明中国和美国是全球煤制合成天然气技术相关专利集中的重要市场。而从优先权申请数量可以大致看出,中国和美国也是煤制合成天然气技术相关专利的主要申请国家(图 3),具有极大的竞争潜力,拥有大量专利。但是,中国专利主要集中在国内市场,国外占有率较低;美国除了注重国内市场外,也非常重视在国外市场的专利申请专利,在中国、日本和欧洲市场均申请了相当数量的专利;日本的专利受理数量虽仅次于中国和美国,但专利申请也是以国内市场为主,在中国、美国和欧洲的市场占有有限;欧洲专利数量位居第四,其中专利受理数量中以美国专利为主,在中国、美国和日本有一定的专利申请数量。

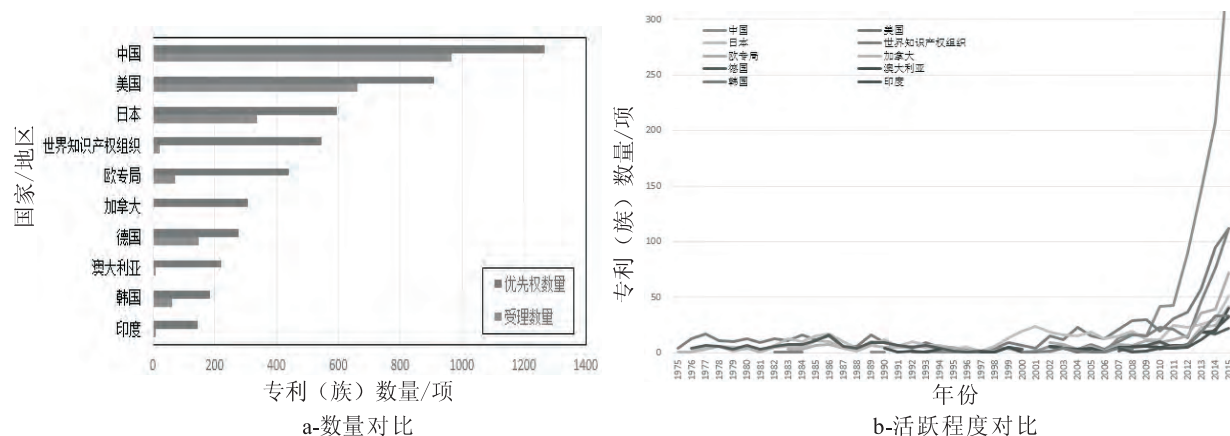


图 3 煤制合成天然气技术相关专利前 10 位国家/地区

3.2 主要国家/地区技术侧重方向

从主要受理国家/地区在 10 个主要技术方向上的分布(图 4、图 5)来看,普遍关注有四个方向:合成天然气的生产工艺;甲烷化催化剂制备;从一氧化碳与氢制备烃;氢或含氢混合气的生产。

除此之外,中国侧重的技术方向还包括:在悬浮状态下粒状或粉状燃料的气化;从一种或多种非烃化合物制备烃;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂;与稀土或铜系元素结合。中国在这三

个技术方向上的专利数量领先其他国家。

美国侧重的技术方向还包括:合成气燃料电池装备及电气元件;氢或含氢混合气的生产;含一氧化碳可燃气体的提纯。

日本侧重的技术方向还包括:合成气燃料电池装备及电气元件;氢或含氢混合气的生产;含一氧化碳可燃气体的提纯。在这些技术方向上的专利数量领先于其他国家。

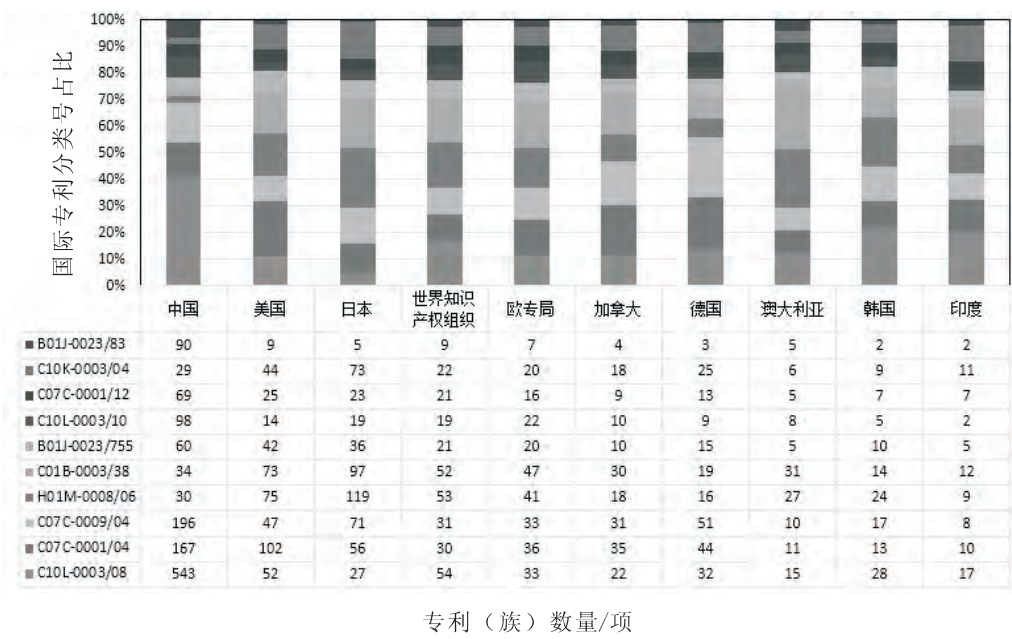


图 4 煤制合成天然气技术相关专利主要受理国家技术布局

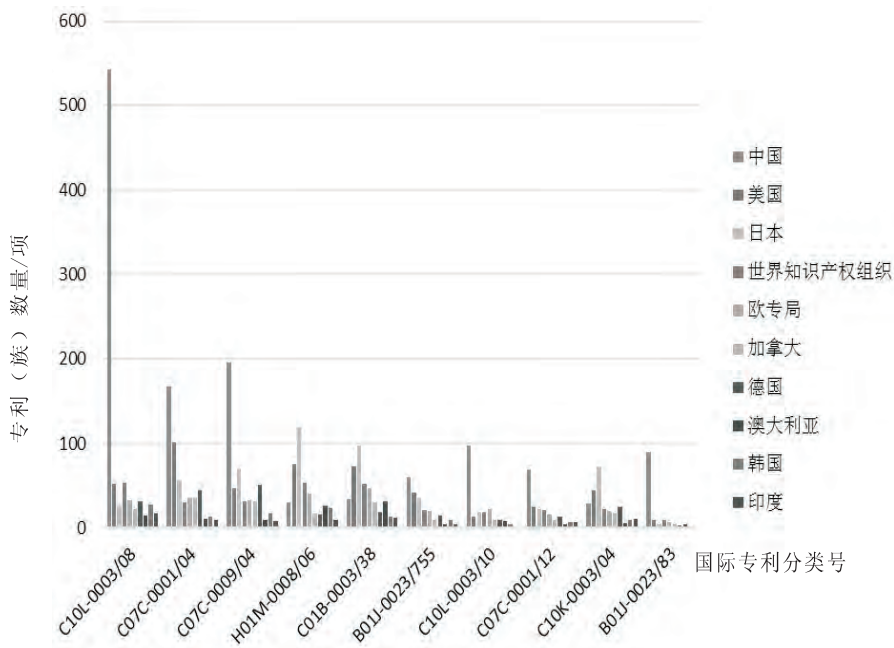


图 5 煤制合成天然气技术相关专利前 10 个技术方向的领先国家

4 竞争对手分析

4.1 主要专利申请人技术布局

煤制合成天然气技术的专利相对比较分散,没有集中在少数几个大集团手中,各国在该技术领域都有领先的发展机构,包括中国石油化工股份有限公司、美国环球石油和巨点能源、日本贵弥功株式

会社和东芝公司、荷兰壳牌石油、丹麦托普索公司以及英国庄信万丰。石油公司(如中石化等)侧重于天然气的生产、加工及气化技术,西南化工研究设计院有限公司侧重于催化剂的研究,能源科技公司(如美国环球石油、巨点能源、中国赛鼎工程)侧重煤制合成天然气工艺开发及制烃技术(表 3)。

表 3 煤制合成天然气技术重要专利申请人的技术布局 (基于国际专利分类号小组)

排名	申请人	国际专利分类号 (专利 (族) 数量/项)
1	中国石油化工	C10L-0003/08 (49); C07C-0009/04 (17);C07C-0001/04 (14)
2	荷兰壳牌	E21B-0043/30(28);C09K-0008/592 (28);E21B-0036/04 (28);E21B-0041/00 (28);E21B-0043/24(28); E21B-0043/247 (28);E21B-0043/243 (28)
3	中国赛鼎工程	C10L-0003/08 (47);C07C-0029/151 (8);C07C-0273/04 (8);C07C-0031/04 (8);C10L-0003/10 (8)
4	中国新奥科技发展有限公司	C10L-0003/08 (35);C07C-0009/04 (11);C07C-0001/04 (10)
5	美国环球石油	C07C-0002/66 (7);C10G-0003/00 (6);C10G-0047/20 (4);C10G-0011/05 (4);C07C-0002/58 (4)
6	西南化工研究设计院有限公司	C10L-0003/08 (39);C10L-0003/10 (6);C07C-0009/04 (5);B01J-0023/889 (5);B01J-0023/83 (5)
7	美国巨点能源	C10L-0003/08 (14);C10J-0003/00 (12);C07C-0001/00 (5)
8	英国庄信万丰	C01B-0003/58 (7);B01J-0008/06 (6);B01J-0008/02 (6)
9	丹麦托普索	C10L-0003/08 (10);C01B-0003/38 (8);C07C-0001/04 (7)
10	太原理工大学	C10L-0003/08 (27);B01J-0023/83 (12);C07C-0009/04 (11)

4.2 专利申请人地域申请战略

从主要专利申请人地域申请战略来看 (表 4), 如美国环球石油、荷兰壳牌、美国巨点能源、丹麦托普索等这类跨国大型制造商和油气公司非常重视在世界范围内的专利布局,在许多国家/地区均申请有专利保护,也都申请了相当数量的 PCT 专利。相

比之下,中国机构在国外的专利申请较少,保护力度较为薄弱,不利于技术保护和对潜在市场的把握。总体来看,各机构国外保护区域主要集中在中国、美国、日本、欧洲、澳大利亚、加拿大、印度等,表明这些区域是全球煤制合成天然气相关技术的主要竞争市场。

表 4 煤制合成天然气技术主要专利申请人的申请国别分布 专利 (族) 数量/项

受理国 申请人	中国	美国	WIPO*	日本	德国	欧专局	韩国	法国	英国	俄罗斯	比利时	加拿大
中国石油化工	89											
荷兰壳牌		49	15		1	7					1	
赛鼎工程	56											
中国新奥科技	50		3									
美国环球石油		44	6									
西南化工研究设计院有限公司	49											
美国巨点能源	37	32	13									
英国庄信万丰		1	39						5			
丹麦托普索	1	1	23			10		1			1	1
太原理工大学	39											

*WIPO-世界知识产权组织

5 中国专利分析

5.1 年度发展态势

从我国受理 (基于申请年) 和公开 (基于公开/公告年) 的煤制合成天然气技术相关专利申请数量的年度分布中可以看出 (图 6), 从 2007 年以来, 不论是从年度专利申请量还是从年度专利公开量来看, 均呈现快速上升势头, 特别是从 2009 年开始发明专利显著增长, 表明煤制合成天然气技术在我国的研究与相关技术创新活动明显增加。

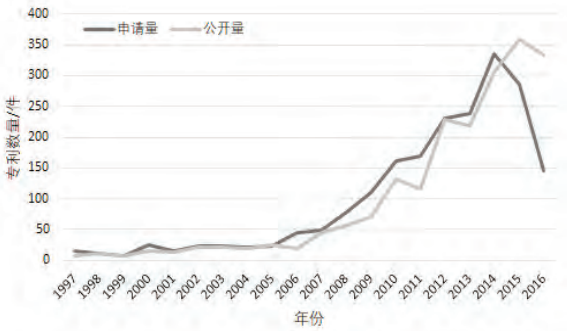


图 6 中国煤制合成天然气技术相关专利年度变化态势

5.2 重要申请人分析

根据专利数量、活动年期、发明人数和平均专利年龄等指标来比较主要专利申请机构的研发能力(表 5),可以看出各机构在煤制合成天然气的活动年期都比较短,都在近 5 年左右,其中新奥科技

发展有限公司、太原理工大学、中国科学院大连化学物理研究所、中国科学院山西煤炭化学研究所等相对较早,特别是美国巨点能源有限公司(美国巨点能源公司)的平均专利年龄最长,说明该机构在该领域申请专利最早。具体而言:

表 5 煤制合成天然气技术主要专利申请人研发能力比较

申请人	专利数量/件	占本主题专利百分比/%	申请人研发能力比较		
			活动年期/年	发明人数/人	平均专利年龄/年
中国石油化工股份有限公司	69	5.42	6	111	3.2
赛鼎工程有限公司	62	4.87	7	50	2.1
太原理工大学	40	3.14	8	104	3.2
西南化工研究设计院有限公司	40	3.14	6	82	2.3
美国巨点能源公司	37	2.91	7	40	5.9
南化集团研究院	36	2.83	6	22	3.1
新奥科技发展有限公司	32	2.52	9	54	3.9
中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司	27	2.12	5	23	2.0
中国科学院大连化学物理研究所	26	2.04	8	48	4.9
中国科学院山西煤炭化学研究所	25	1.97	7	55	2.2

(1)中国石油化工股份有限公司专利申请总数排名第一,授权专利和有效专利平均寿命基本超过其他国内机构,显示该机构进入此领域时间较早,具有突出的研发实力。侧重技术方向包括:合成天然气的生产;从一氧化碳与氢制备烃;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂;与稀土或铜系元素结合;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂:镍。

(2)赛鼎工程有限公司申请数量为 62 件,但其授权专利排名第一,具有较强实力。侧重技术方向包括:合成天然气的生产;固定床气化块状燃料装置。

(3)太原理工大学侧重技术方向包括:包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂;与稀土或铜系元素结合;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂:镍;从一氧化碳与氢制备烃。

(4)西南化工研究设计院有限公司侧重方向包括有:包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂:锰,钨或铈。

(5)美国巨点能源公司侧重方向包括:由固态含碳燃料制造含一氧化碳的可燃气体;含一氧化碳的可燃气体的化学组合物的改性,以产生改性燃

料:降低一氧化碳含量;从一种或几种非烃化合物制备烃。

(6)南化集团研究院、中国石油化工股份有限公司和中国海洋石油总公司,这三家企业在专利产出方面的合作密切。近年来,这几家机构特别重视煤制合成天然气技术领域的自主知识产权的技术开发,研发实力正在迅速提高。南化集团研究院侧重方向包括:包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂;与稀土或铜系元素结合;从一氧化碳与氢制备烃。

(7)新奥科技发展有限公司近年来在煤制合成天然气研究上发展迅速,自主开发甲烷化催化剂、甲烷反应器等,申请专利 32 件,而且一半以上已经获得授权。新奥科技发展有限公司侧重方向包括:含一氧化碳和氢气的气体的生产:通过 Winkler 技术(即通过流化)使颗粒状或粉状燃料气化;从一氧化碳与氢制备烃;用于从气体中除去灰尘或焦油的装置。

(8)中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司侧重方向包括:包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂;与稀土或铜系元素结合;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂:镍;从一氧化碳

与氢制备烃。

(9)中国科学院大连化学物理研究所有效专利平均寿命排名第一,侧重方向包括:从一氧化碳与氢制备烃;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂:与稀土或铜系元素结合;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂:锰、钨或铈。

(10)中国科学院山西煤炭化学研究所侧重方向包括:从一氧化碳与氢制备烃;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂:钼和镍。

5.3 技术功效分析

5.3.1 基于技术-功效的申请与授权布局分析

通过对专利所采取的技术和达成的功效进行逐件判读,以专利所采取的技术为第一列,以专利达成的功效为第一行,构建专利技术-功效矩阵,从全部申请、授权专利两个方面,展示了煤制合成天然气技术中国专利申请的技术-功效分布(表 6~7)。

可以看出,在我国申请的煤制合成天然气技术相关专利主要集中在:(1)空分和气化单元主要集中在气化装置和燃烧装置的优化设计以及改进布置,提高煤气化的效率,降低系统的整体能耗,提高系统对温度的控制和降低成本;(2)甲烷化催化剂的配方以及制备工艺,提高催化剂的稳定性及催化活性;(3)合成工艺侧重于合成工艺参数的优化,整体优化合成工艺,以提高合成天然气的效率和改善经济性,并降低能耗;(4)甲烷化反应器的类型选择,改进反应器的反应效率和优化反应器系统结构,提高整体经济性;(5)污染物综合治理方面侧重于脱硫和废水处理,以减少污染物排放和节约成本;(6)下游产品的生产及联产,包括液化天然气、合成氨、甲醇以及其他产品;(7)整体煤制合成天然气系统方法与装置的改进,优化整体流程,以提高系统的效率,减少污染物排放以及节约成本。

表 6 煤制合成天然气技术中国全部申请专利技术-功效点申请与授权布局 专利数量/件

		提高效率	减少污染	经济性好	结构优化	延长寿命	适应性广	有力控温	稳定可靠	降低能耗
气化单元	空分装置	2		2				1	2	
	气化装置	22		2	9	1	1	4	1	3
	燃烧装置	13	7	2	6		1	3	1	
	气体净化	13	2	3					1	2
催化剂	配方与制备工艺	89	4	20	13	11	17	1	73	4
	预还原工艺	2			1				1	
	测试平台						2		2	
合成工艺	反应温控	1		2				2		3
	反应热利用	7	1	1	1					8
	工艺(参数)优化	115	23	59	46	1	11	15	10	48
	开车方案及操作		3						1	2
反应器	反应器类型	28	1	2	12	2		17	5	1
	反应器材质选择	2			1		1			
	反应器移热方法	3	2	2				2		
	反应条件	2		1			1			
污染物综合	卸灰、烟尘	1	2		1			1		
	脱硫	5	2	1	1		1			
	脱砷								1	
	脱氯									
	脱金属									
	废水处理	13	9	3	2		4		1	3
	副产品	5	5	1	1				1	1
合成气方法与装置		89	19	55	44	10	7	25	39	47
下游产品及联产		9	6	12	5		3	2	3	4
管道系统		2			2	1		1	2	

表 7 煤制合成天然气技术中国授权专利技术-功效点申请与授权布局 单位:专利数量/件

		提高效率	减少污染	经济性好	结构优化	延长寿命	适应性广	有力控温	稳定可靠	降低能耗
气化单元	空分装置	1		1				1		
	气化装置	12		1	3			2		1
	燃烧装置	5	3		3		1	2		
	气体净化	6	1	2						1
催化剂	配方与制备工艺	37	1	9	6	5	7		43	1
	预还原工艺	1			1					
	测试平台								2	
合成工艺	反应温控	1		2				2		3
	反应热利用	7	1	1	1					8
	工艺(参数)优化	62	10	23	21		3	8	5	24
	开车方案及操作		1							
反应器	反应器类型	15		2	7			8	3	
	反应器材质选择	2			1					
	反应器移热方法	2	1					2		
	反应条件	2								
污染物综合	卸灰、烟尘	1	1							
	脱硫	2			1					
	脱砷								1	
	脱氯									
	脱金属									
	废水处理	5	4		1		1			2
	副产品	2	3						1	1
合成气方法与装置		45	8	27	19	3	2	12	16	22
下游产品及联产		4	2	5	1		1		2	2
管道系统		1			1			1	1	

5.3.2 基于技术-功效的申请人技术布局分析

通过分析专利申请人在各技术-功效点上的数量分布情况,可以进一步分析各技术-功效点的受关注情况。中国煤制合成天然气主要专利申请人在各技术-功效点上的数量分布情况如表8所示。可以看出,与专利申请/授权数量的分布情况基本一致,重点在于优化设计以及改进布置气化装置和燃烧装置,改进甲烷化催化剂配方与制备工艺来提高催化

剂的稳定性和扩展其适应性,甲烷化反应器的选择以改进整体反应效率和提高经济性,下游产品的生产及联产,以及整体煤制合成天然气方法与装置的改进,这些领域的技术-功效点的申请人数量最多,竞争最为激烈。表明这些技术-功效点是多数专利申请人关注焦点,也是煤制合成天然气技术实现大规模产业化的主要发展路线。

表 8 煤制合成天然气技术中国专利技术-功效点申请人数量分布 专利数量/件

		提高效率	减少污染	经济性好	结构优化	延长寿命	适应性广	有力控温	稳定可靠	降低能耗
气化单元	空分装置	6			1			1		
	气化装置	6		7	17	1	2		1	6
	燃烧装置	6	10	2	7		2		4	1
	气体净化		3		5					
催化剂	配方与制备工艺	5	4	5	1	4	26	2	28	
	预还原工艺				4					1
	测试平台						2			
合成工艺	反应温控	1						3	1	
	反应热利用	1								4
	工艺(参数)优化	6	1	17	7			1	3	2
	开车方案及操作			2	1					
反应器	反应器类型	7	1	7	5				1	
	反应器材质选择					2				
	反应器移热方法				1					
	反应条件	1		1						
污染物综合	卸灰、烟尘	1	2							
	脱硫		10	4	2		1			
	脱砷									
	脱氯									
	脱金属									
	废水处理		13	9						
	副产品			1				1		
合成气方法与装置		12	12	16	14		1	1	3	3
下游产品及联产		7	14	19	4		3		3	10
管道系统						1			3	

6 启示与建议

我国煤制合成天然气技术已进入了快速发展阶段,作为全球最大的煤制合成天然气应用市场,据不完全统计目前投产或在建或计划建造的煤制天然气项目接近 70 个^[14]。从整体来看,我国煤制合成天然气相关技术研发和专利申请方面起步较晚,从 2005 年开始受到重视,技术创新活动增加,已有部分高质量专利获得市场认可,相关技术开始进行工程应用,从 2009 年开始已经成为最大的专利申请国。面对如此快速的发展,从专利分析结果来看,我们认为有些问题需要引起重视:

(1)从专利申请数量来看,尽管我国已从 2009 年超过美国成为最大的专利申请国,但我国还未成为主导国际煤制合成天然气技术发展的技术来源方,大量核心专利掌握在国外大型化工集团如丹麦托普索、英国庄信万丰戴维等手中,这些国家开展煤制合成天然气技术基础研究时间长,而且对专利的重视程度非常高。我国目前虽然在该技术领域拥有的专利基数大,但是高水平、高影响力的专利数量还不多。这种现状与我国对煤制合成天然气技术的掌握及应用存在差异。而且,近年来专利申请的主力以新奥能源等创新能源公司为主,需要注重传统技术优势机构(如中国科学院、大学以及中石油、中石化、西南化工研究设计院有限公司等)与新兴能源公司以及各大厂商和企业的合作,结合各方优势,促进核心专利技术的研发与应用,特别是需要加强在国际层面的专利申请,覆盖美国、欧专局等重点应用市场,扩大影响力。

(2)我国煤制合成天然气技术专利主要集中在气化装置和燃烧装置的优化设计以及改进布置,甲烷化催化剂的配方以及制备工艺,合成工艺参数的优化,甲烷化反应器的类型选择,污染物综合治理方面侧重于脱硫和废水处理,下游产品的生产及联产,以及整体煤制合成天然气系统方法与装置的改进。尽管专利技术申请领域较为全面,但是跟英国戴维公司甲烷化技术、丹麦托普索公司 TREMP™ 技术以及德国鲁奇甲烷化技术等这些成熟的甲烷化技术相比还存在较大差距,特别是实际示范或工业应用方面竞争能力还有所欠缺。因此,需要加强与企业合作,通过专利实施许可与转让的形式做好示范工程的技术支撑,实现创新成果市场价值最大

化。

(3)我国煤制合成天然气技术示范发展迅速,国内专利申请机构为国内的科研机构、大学、油气公司和能源科技公司,特别是中科院大连化学物理研究所和太原理工大学优势明显。但是国外机构在我国的专利申请保护较为有限,这可能说明国外机构对我国的煤制合成天然气技术发展工业示范还持有较为谨慎的态度。因此,我国在发展技术示范同时,有必要加强产(生产厂商和企业等)、学(大学等)、研(科研院所、能源科技研究机构等)之间的知识产权合作,加强我国自有知识产权的核心技术的示范与应用。另外,建议在做好国内专利保护的同时,对主要煤炭资源利用国的布局强度与范围进行研判,必要时可通过与大型企业的合作申请或 PCT 途径寻求保护。

参考文献

- [1] 付国忠,陈超.我国天然气供需现状及煤制天然气工艺技术和经济性分析[J].中外能源,2010,15(6):28-34.
- [2] 周利红,于永玲.煤催化气化制天然气专利技术进展[J].当代石油石化,2015,(4):21-26.
- [3] 国务院.国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知[EB/OL].(2013-09-12)[2017-01-10].http://www.gov.cn/jzwgk/2013-09/12/content_2486773.htm.
- [4] 中华人民共和国科学技术部.关于印发洁净煤技术科技发展“十二五”专项规划的通知[EB/OL].(2012-04-24)[2017-01-10].http://www.gov.cn/jzwgk/2012-04/24/content_2121634.htm.
- [5] 国家能源局.煤炭深加工产业示范“十三五”规划[EB/OL].(2017-02-08)[2017-02-25].<http://zfxgk.nea.gov.cn/auto83/201703/W020170303357509200744.pdf>.
- [6] Sudiro M, Bertucco A. Synthetic Natural Gas (SNG) from coal and biomass: a survey of existing process technologies, open issues and perspectives [EB/OL].(2010-08-18)[2017-06-22].<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/11472.pdf>.
- [7] National Energy Technology Laboratory. Great Plains Synfuels Plant[EB/OL].(2017-02-08)[2017-05-13].<http://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifiedia/great-plains>.
- [8] Kopyscinski J, Schildhauer T J, Biollaz S M A. Production of synthetic natural gas (SNG) from coal and dry biomass-A technology review from 1950 to 2009[J]. Fuel, 2010, 89(8):1763-1783.
- [9] 钱卫,黄于益,张庆伟,等.煤制合成天然气技术现状

- [J]. 洁净煤技术, 2011, 17(1): 27-32.
- [10] 李 瑶, 郑化安, 张生军, 等. 煤制合成天然气现状与发展[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(6): 62-67.
- [11] 宗弘元, 余 强, 刘仲能. 煤基合成气制甲烷工艺与催化剂研究进展[J]. 工业催化, 2015, (4): 258-265.
- [12] 王光永, 徐绍平. 煤制替代/合成天然气技术的研究进展[J]. 石油化工, 2016, 45(1): 1-9.
- [13] 朱瑞春, 公维恒, 范少锋. 煤制天然气工艺技术研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(6): 81-84.
- [14] 呼跃军. 煤制天然气深度调查: 70 个项目大干快上示范项目盈利难[EB/OL]. (2017-06-16) [2017-07-30]. <http://www.china5e.com/news/news-991685-1.html>.

Development status analysis of coal to synthetic natural gas technology based on patents

CHEN Wei¹, WANG Shuo^{1,2}, ZHANG Fan³, LI Fu-ling⁴, WANG Qi⁴

(1. Wuhan Documentation and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;

4. Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023, China)

Abstract: The development of core technologies of coal-to-synthetic natural gas (SNG) with independent intellectual property rights plays a key role in accelerating scale up of China's coal-based natural gas industry. Patents on coal-to-SNG were analyzed with patent analysis tools, such as Thomson Data Analyzer (TDA), Thomson Innovation, Chinese Academy of Sciences Patent Analysis Platform. The annual application trends, technical layout, competitive situation of major countries and institutions and applications in China were revealed. China's coal-to-SNG patent application has covered most of the technology areas, and the main applicants are concentrated on innovative energy corporates. Furthermore, there are fewer foreign institutions applying for patents in China. While strengthening the research and development of core technologies, China needs to improve intellectual property cooperation among industry, universities and research institutes, and promote the demonstration and application of core technologies of China's own intellectual property rights to maximize the market value of innovation achievements.

Keywords: coal; synthetic natural gas; patent analysis; development status

动态简讯

陕西车用甲醇燃料团标实施

2018 年 12 月 12 日起,《陕西省车用甲醇燃料(M100)团体标准》(T/SXSH 001-2018)正式实施。

该团体标准制定工作于 2018 年 7 月启动, 长安大学为项目负责单位, 陕西延长石油能源科技公司、亚能石化股份公司、陕西安康汉江源新能源科技公司、陕西渭河煤化工集团、陕西长青能源化工公司、西安交通燃气公司等 15 家企业、科研院所为参编单位。

经过 30 多年的研究与发展, 甲醇燃料和甲醇汽车技术已日趋成熟, 市场接受也不存在问题, 关键取决于政策引导, 标准缺失也是制约推广应用的瓶颈。该标准按照国家标准的要求组织编写, 主要从车用甲醇燃料(M100)的产品适用范围、术语和定义、主要原料要求、技术要求及试验方法、检验规则及标志、运输、贮存、安全要求等方面进行了规定。

“高效甲醇转化制丙烯过程合作研究” 项目通过验收

2018 年 10 月, 由神华宁煤集团承担, 德国伊尔姆瑙理工大学、浙江大学、宁夏大学等单位参与的国家国际科技合作专项项目“高效甲醇转化制丙烯过程合作研究”通过科技部验收。

据悉, 该项目依托神华宁煤已建成的两套 50 万吨 t/a 甲醇制丙烯装置, 开展了煤基甲醇制丙烯工艺全流程、多层次节能技术、新型催化剂在多反应周期中积炭失活规律等方面的研究并进行了工业化应用, 使丙烯平均收率提高 0.67%, 催化剂使用寿命延长 15%, 吨产品能耗降至 35.95GJ, 相关技术达到国际先进水平, 为我国大规模甲醇制丙烯技术升级应用及大型煤化工项目节能降耗提供了有力的技术支撑。